

3DMine 境界优化功能在露天铁矿中的应用

王瑜*, 戴兴宇, 郭健

(鞍钢集团 矿业设计研究院, 辽宁 鞍山 114004)

摘要: 矿用商业化软件将三维矿体模型和三维采矿设计相结合, 使采矿设计更为简捷, 获得了较好的动态效果. 以鞍钢矿业集团下属关宝山铁矿为例, 利用 3DMine 三维矿业软件, 建立地表模型、地质数据库、矿体模型、块体模型, 在 2 种条件下, 进行露天境界优化, 对比 2 种条件下优化结果的不同.

关键词: 地质数据库; 矿体模型; 块体模型; 境界优化

中图分类号: TD861.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-5876(2016)03-0031-05

On open – pit boundary optimization of iron mine based on 3Dmine

WANG Yu, DAI Xingyu, GUO Jian

(AnSteel Mining Engineering Corporation, Anshan 114004, China)

Abstract: Mining trade software combines 3D deposit model with 3D mining design, and makes the mining design more simplified and good dynamic effect. Taken Guanbaoshan Iron Mine of Ansteel Mining Group as an example, this paper builds the terrain model, solid model, geological database, block model of ore bodies, on different condition, and completes the open – pit boundary optimization and contracts different optimization outcomes.

Key words: geological database; solid model; block model of ore bodies; open – pit boundary optimization

1993 年加拿大人 Simon . W. Houlding 首先提出了三维地质模型和可视化概念. 三维地质模型 (3D Geosciences Modeling) 是指在计算机中利用适当的数据结构建立起的一种数学模型, 这种数学模型能反应诸如地质构造的形态、各要素之间关系、地质体物理、化学属性空间分布等地质特征, 现在三维地质建模和可视化已经得到一定的应用^[1], 一批矿用商业化软件也应运而生, 如 Datemine, Surpac, Micromine, 3Dmine, MineMap, Whittle 等^[2].

1 矿区概况

关宝山铁矿位于辽宁省鞍山市东南 20 km, 东起关宝山, 西至三印子, 南以河谷为限, 北至马圈子.

矿区位于鞍山复向斜南翼之东端, 为一古老变质岩系组成的单斜构造, 走向 N60° ~ 85°, 倾向 NE, 倾角 70° ~ 85°, 局部直立或倒转.

本矿区只有 1 个矿段, 由东 E' 剖面至西 19 剖面, 如图 1 所示.

根据关宝山铁矿矿体赋存情况, 矿体裸露地表, 且埋藏较浅, 设计采用露天开采方式.

2 三维建模

2.1 地表地形模型

建立地表地形模型是进行露天境界优化的第一步, 地表地形模型必须足够大, 以便满足露天嵌套坑的

要求,本次建立地表地形模型采用的是 1 : 1 000 的地表地形图,如图 1 所示,地表地形模型,如图 2 所示。

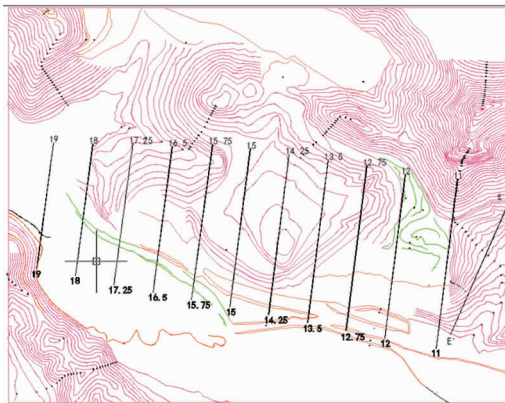


图 1 1:1 000 地表地形图

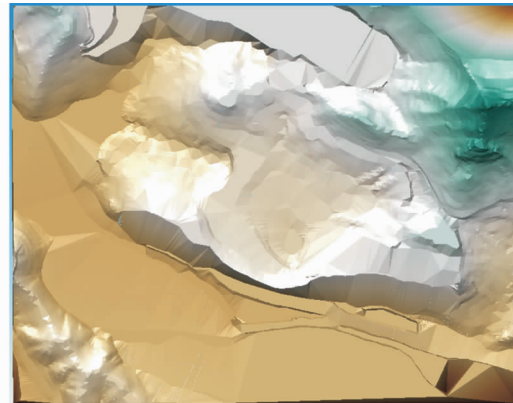


图 2 地表地形模型

2.2 构造模型

主要断层(斜交式和横断式)有 6 条,编号为 F1, F2, F3, F4, F5, F6. 这些断层对矿体形态,产状,连续性及空间分布影响弱,这里将构造模型省略。

2.3 矿体模型

构建矿体模型是进行露天境界优化的基础。

将《地质勘查报告》中剖面图按空间关系导入 3DMine 中,在 3DMine 环境下,构造三维矿体模型。

2.4 地质数据库

本文根据辽宁省冶金地质勘探公司一〇一队于 1980 年 9 月完成的《关门(宝)山铁矿测定数据成果表第二册》建立地质数据库。地质数据库中分别建立定位表、测斜表、化验表。化验表中含有 TFe 品位、FeO 含量、FeCO₃ 含量、FeSiO₃ 含量、磁性率、磁铁矿占有率、全铁与亚铁比值划分。地质数据库完成之后,对 TFe 品位进行样品组合,为块体模型的建立做准备。

2.5 块体模型

块体模型中包含有块体比重、TFe 品位等信息。这里采用“普通克里格法”对块体进行赋值。根据设备型号、阶段高度、爆破方法,块体尺寸选择 12 × 12 × 12,得到最终的块体模型。

对矿体品位进行统计及绘制品位累积频率,以便为下道工序提供数值参考。品位统计如图 3 所示,品位累积频率如图 4 所示。3DMine 计算的矿体平均品位为 30.81%,《地质勘查报告》^[3]中的工业品位 31.37%,两者误差 1.785%,这一差距满足:“矿山设计估算的资源/储量结果应与《地质勘查报告》的矿产资源/储量进行对比,在工业指标、矿体体重和估算范围相同的前提下,主要有用组分的品位允许误差不应大于 5%”的要求^[4]。矿体模型、块体模型、构造模型的建立是后续工作的先决条件,其完善程度主要取决于地质工程师的技术水平和原始地质资料的准确性^[5]。

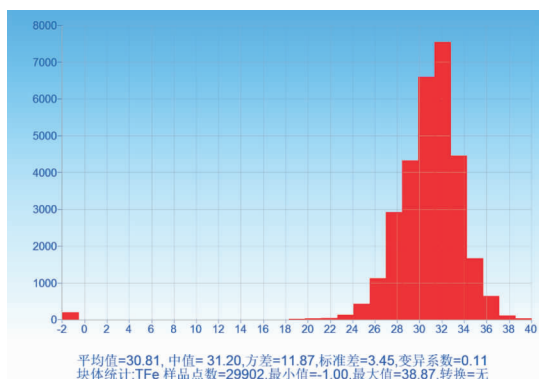


图 3 品位统计

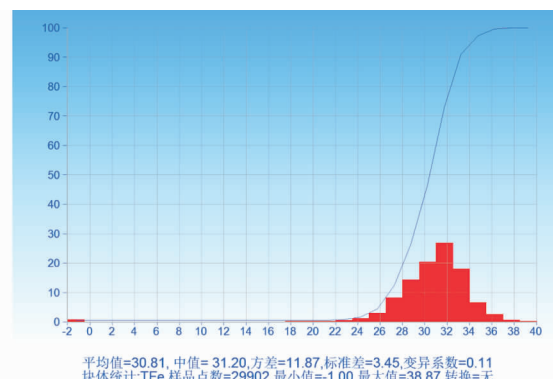


图 4 品位累积频率

3 露天境界优化

露天矿境界优化方法主要有2大类,一类是凭经验判断,无严谨的数学证明,如启发法、手工法、浮动圆锥法,另一类是经过严格的数学证明,如动态规划法、L-G图论法、整体线性规划法、网络流法. 3DMine 矿业软件采用L-G图论法实现其露天境界优化功能. LG(Lerchs Grossmann)图论法最初是由 Helmut Lerchs 和 Ingo F. Grossman 在论文《露天开采优化设计》中提出的,该方法具有数学严谨性,复杂度低,所用时间短,效率高等优点^[6,7].

3.1 境界优化参数的选取

根据当前铁矿石国内售价及开采成本,确定境界优化采用的经济指标:铁矿石销售价81元/t;矿石开采成本15元/t;岩石开采成本12元/t;采矿损失率5%;采矿贫化率95%;矿石密度 3.4 t/m^3 ;岩石密度 2.7 t/m^3 . 根据鞍钢矿业集团实际生产能力,确定露天境界的技术指标:最终边坡角 $36^{\circ}51'15''\sim 37^{\circ}54'57''$;阶段高12m;台阶坡面角 $60^{\circ}/65^{\circ}$;安全平台宽度4m;清扫平台宽度8m;运输(公路)平台宽度20m. 其中铁矿石销售价格,按辽宁地区,硫含量低、硅含量低的、平均品位约30%的原矿计价.

3.2 按矿石类型优化境界

根据选定的技术、经济指标,按矿石类型,采用3DMine 软件进行境界优化,按矿石类型进行境界优化,不考虑矿体的品位变化,矿体品位统一假想为30.08%. 按矿石价格调整:-50%,-30%,-10%,10%,30%,50%的情况下输出嵌套坑,不同矿石价格境界优化结果见表1(随着矿石价格提高,总价值增加幅度较大)和图5. 按回采台阶数分别递增4个的情况下输出嵌套坑,不同回采台阶下境界优化结果见表2和图6.

表1 不同价格下境界优化结果(按矿石类型)

| 价格(人民币)/元 | 矿石量/(10^4 t) | 剥采比 | 总价值(人民币)/万元 |
|-----------|-------------------------|------|-------------------|
| 40.5 | 5 889.300 48 | 1.03 | 77 382.604 800 |
| 56.7 | 8 944.404 48 | 1.62 | 198 620.729 856 |
| 72.9 | 10 986.036 48 | 2.10 | 359 402.769 792 |
| 81.0 | 12 057.085 44 | 2.37 | 452 168.593 92 |
| 89.1 | 13 090.533 12 | 2.65 | 553 715.678 593 |
| 105.3 | 15 712.047 36 | 3.32 | 791 965.185 410 |
| 121.5 | 16 625.640 96 | 3.59 | 1 055 265.511 678 |

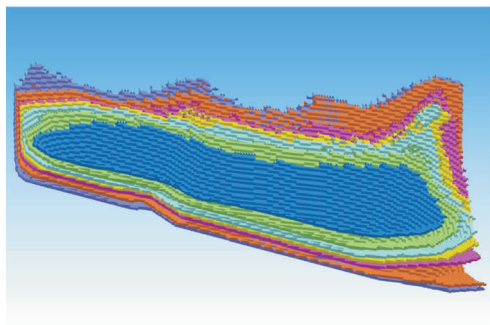


图5 按价格调整境界优化

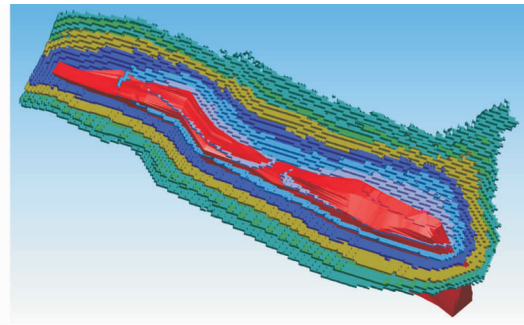


图6 按回采台阶激增数境界优化

表2 不同台阶境界优化结果(按矿石类型)

| 台阶/m | 矿石量/(10^4 t) | 剥采比 | 总价值(人民币)/万元 |
|------|-------------------------|------|----------------|
| 150 | 67.564 80 | 0.03 | 4 436.881 92 |
| 102 | 1 264.930 56 | 0.52 | 75 664.005 12 |
| 54 | 3 283.649 28 | 0.85 | 183 285.296 64 |
| 6 | 5 782.371 84 | 1.18 | 299 822.446 08 |
| -42 | 8 244.080 64 | 1.57 | 388 341.734 40 |
| -90 | 10 477.836 68 | 2.01 | 439 398.535 68 |
| -138 | 12 031.822 08 | 2.37 | 452 276.006 40 |

在实际生产中,矿山企业根据铁矿石市场价格,调整露天开采境界,以使矿山的经济效益达到最优.不同条件下的境界优化,可以为矿山生产提供多种方案和决策依据.

大型矿山的服役年限大于20年,在进行境界优化时,采用的经济指标均为静态指标,而生产成本随生产设备和管理方式时时变化,原矿价格随市场供需关系也时时变化,因此,最优境界实际上是不可能获得的,通过各种手段得出的露天境界基本上都是相对的,是当前经济条件下的最优境界.矿山在实际生产过程中,应根据新的技术、经济指标对露天最终境界重新优化调整^[8,9].

3.3 按品位变化优化境界

中国地区的铁矿床品位变化幅度大,矿床夹石多,伴生矿、岩种多.按矿石类型优化境界仅仅适合地质条件好、矿石品位波动不大的矿床开采,为了适合中国地区的实际情况,现按品位变化优化境界,之后对比这两种优化境界结果的异同.按品位变化优化境界,可做为矿石考虑的品位变化区间是26%~38.870%,每个品位的价格是2.608元,按矿石价格调整:-50%,-30%,-10%,10%,30%,50%的情况下输出嵌套坑,不同矿石价格境界优化结果见表3和图7.按回采台阶数分别递增4个的情况下输出嵌套坑,不同回采台阶下境界优化结果见表4和图8.

表3 不同价格下境界优化结果(按品位变化)

| 价格(人民币)/元 | 矿石量/(10 ⁴ t) | 剥采比 | 总价值(人民币)/万元 |
|-----------|-------------------------|------|-----------------|
| 40.5 | 6 343.453 44 | 1.28 | 69 889.481 713 |
| 56.7 | 8 550.766 08 | 1.72 | 195 068.633 685 |
| 72.9 | 10 118.856 96 | 2.10 | 348 893.232 723 |
| 81.0 | 10 851.494 40 | 2.32 | 435 690.816 928 |
| 89.1 | 11 643.471 26 | 2.52 | 529 430.383 014 |

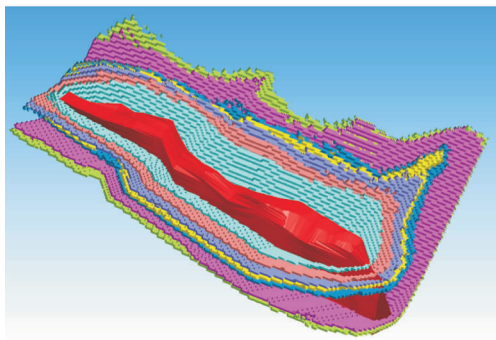


图7 按价格调整境界优化

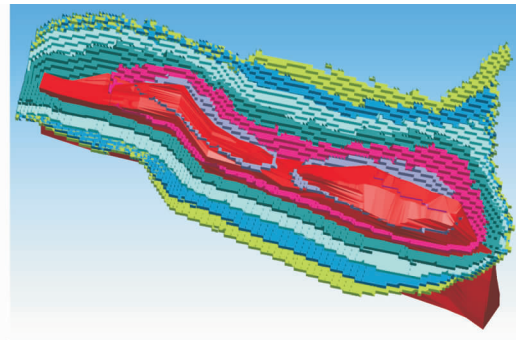


图8 按回采台阶激增数境界优化

表4 不同台阶下境界优化结果(按品位变化)

| 台阶/m | 矿石量/(10 ⁴ t) | 剥采比 | 总价值(人民币)/万元 |
|------|-------------------------|------|-----------------|
| 150 | 50.526 72 | 0.00 | 3 083.928 840 |
| 102 | 887.742 72 | 0.77 | 46 305.194 751 |
| 54 | 2 908.811 52 | 1.06 | 152 234.715 523 |
| 6 | 5 485.086 72 | 1.35 | 279 187.881 879 |
| -42 | 7 849.267 20 | 1.66 | 378 980.440 070 |
| -90 | 9 782.208 00 | 2.04 | 42 5567.537 341 |
| -138 | 10 851.494 40 | 2.30 | 435 690.816 928 |

4 对比不同条件下的2种境界优化

2种境界优化的总价值不具备可比性,2种境界优化的矿石量具备可比性.按矿石类型优化境界,境界内矿石大约12 044.453 76 10⁴ t;按品位变化优化境界,境界内矿石大约10 851.494 40 10⁴ t,两者相差

1 192.959 36 10^4 t,中国地区铁矿床夹石多,伴生矿、岩种多,矿石品位波动较大.按品位变化优化境界时,境界内矿石量较按矿石类型优化境界时的境界内矿石量大为减少.

但在实际设计中,铁矿山往往按矿石类型来圈定境界(计算机辅助设计阶段),这与实际情况是不相符的,境界内的矿量往往偏大,导致设计能力与生产能力差距较大.按品位变化优化境界,比较符合实际情况,这也与中国地区铁矿床赋存条件相一致;按品位变化优化境界可改变粗放型的发展模式,实现精细化生产,符合国家“十三五规划”提倡“节约”的精神.

参考文献:

- [1] 睢瑜,杨凯.基于 Micromine 的三维建模技术[J].矿业工程,2009(4):62-64.
- [2] 李肖锋,邓华梅,袁海平.数字化矿山三维空间模型的建立与研究[J].矿业快报,2008(12):31-33.
- [3] 辽宁省鞍山市关宝山铁矿床资源储量核实报告[R],2011.
- [4] GB50830.冶金矿山采矿设计规范[S].北京:中华人民共和国住房和城乡建设部、中华人民共和国国家质量监督检验检疫局,2013.
- [5] 余牛奔,齐文涛,王立欢,等.基于 3DMine 软件的三维地质建模及储量估算[J].金属矿山,2015(4):138-142.
- [6] 北京三地曼矿业软件科技有限公司.3DMine 矿业工程软件帮助文档[M].北京:北京三地曼矿业软件科技有限公司,2014.
- [7] 肖英才,王李管,易丽平,等.基于 DIMINE 软件的露天采剥计划编制技术[J].矿业工程研究,2010,25(4):6-9.
- [8] 李书昌,朱明.基于 Micromine 软件的某铁矿露天境界优化[J].中国矿山工程,2015(2):37-40.
- [9] 高艳磊.基于 3DMine 的露天采矿设计[J].金属矿山,2015(8):255-258.